

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000271854 A**

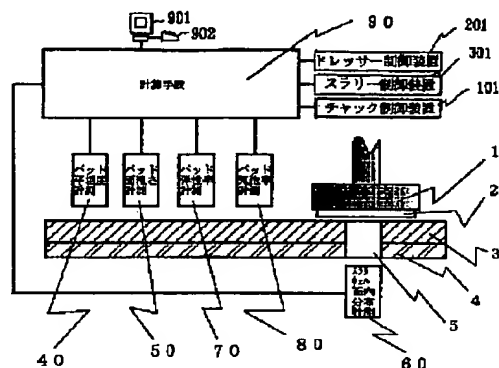
(43) Date of publication of application: **03.10.00**

**(54) MACHINING METHOD AND DEVICE THEREOF,  
AND MACHINING METHOD FOR  
SEMICONDUCTOR SUBSTRATE**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide this device/method uniforming a polishing rate, stabilizing an average polishing rate, and reducing scratch in a work surface in regard to polishing of a CMP or the like.

**SOLUTION:** This device/method is equipped with a flatness measuring means 40 measuring a flatness of a polishing pad, a surface roughness measuring means 50 measuring a surface roughness of the polishing pad, a free abrasive grain measuring means 60 measuring a distribution or an amount of free abrasive grain on a work surface of a workpiece fed and distributed on a surface of the polishing pad, and measuring means 70 and 80 measuring an elastic modulus or a bubble fraction of the polishing pad.



COPYRIGHT: (C)2000,JPO

(51) Int. Cl.

**B24B 37/00**  
**H01L 21/304**

(21) Application number: **11081670**

(22) Date of filing: **25.03.99**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **ISHIMARU ICHIRO**  
**KENBO YUKIO**  
**SATO HIDEMI**  
**MORIYAMA ICHIRO**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-271854

(P2000-271854A)

(43) 公開日 平成12年10月3日 (2000.10.3)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup> | 識別記号  | F I            | テームト <sup>*</sup> (参考) |
|---------------------------|-------|----------------|------------------------|
| B 2 4 B 37/00             |       | B 2 4 B 37/00  | A 3 C 0 5 8            |
|                           |       |                | K                      |
| H 0 1 L 21/304            | 6 2 2 | H 0 1 L 21/304 | 6 2 2 M                |
|                           |       |                | 6 2 2 R                |

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願平11-81670

(22) 出願日 平成11年3月25日 (1999.3.25)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 石丸 伊知郎

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(72) 発明者 見坊 行雄

神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株

式会社日立製作所生産技術研究所内

(74) 代理人 100061893

弁理士 高橋 明夫 (外1名)

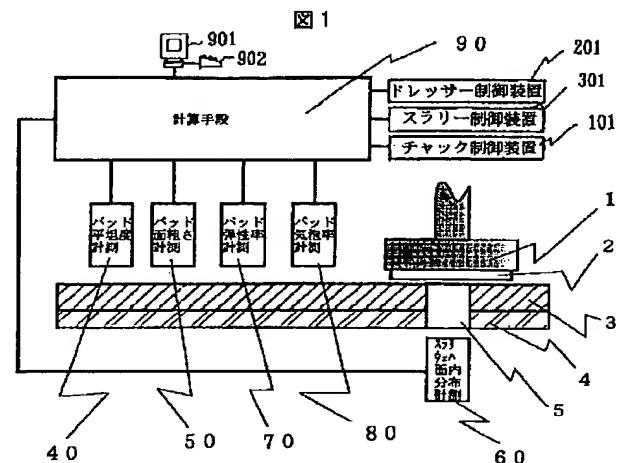
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 加工方法及びその装置並びに半導体基板の加工方法

(57) 【要約】

【課題】 CMP等の研磨において、被加工面内における研磨率の均一化と面内平均研磨率の安定化、及びスクラッチの低減をはかった加工方法およびその装置並びに半導体基板の加工方法を提供することにある。

【解決手段】 本発明は、研磨パッドの平坦度を計測する平坦度計測手段40、研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測手段50、研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測手段60、および研磨パッドの弾性率または気泡率を計測する計測手段70、80を備えたCMP等の加工装置およびその方法である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】定盤上に載置された研磨パッドの平坦度を計測する平坦度計測工程と、  
該平坦度計測工程で計測された研磨パッドの平坦度に応じてドレッサーの運動を制御して上記研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、  
該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 2】定盤上に載置された研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測工程と、  
該面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じてドレッサーによるドレッシング量を制御して上記研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、  
該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 3】定盤上に載置された研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、  
上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測工程と、  
該遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて遊離砥粒の供給量を制御して研磨パッドの表面に供給散布する遊離砥粒供給散布工程と、  
上記ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、上記遊離砥粒供給散布工程で供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 4】定盤上に載置された研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測工程と、  
上記研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、  
該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 5】定盤上に載置された研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測工程と、  
上記研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、

該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 6】定盤上に載置された研磨パッドの弾性率または気泡率を計測し、この計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定工程と、

該判定工程で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒または研磨パッドに埋め込まれた固定砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨または研削する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 7】定盤上に載置された研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、  
上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測し、この計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定工程と、

該判定工程で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする加工方法。

【請求項 8】請求項 1～7 の何れかに記載の加工方法を用いて半導体基板上に形成された絶縁膜を加工することを特徴とする半導体基板の加工方法。

【請求項 9】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドの平坦度を計測する平坦度計測手段と、  
該平坦度計測手段で計測された研磨パッドの平坦度に応じて運動を制御して研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、

該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 10】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測手段と、  
該面粗さ計測手段で計測された研磨パッドの面粗さに応じてドレッシング量を制御して研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、  
該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 11】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、  
上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測手段と、  
該遊離砥粒計測手段で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて遊離砥粒の供給量を制御して研磨パッドの表面に供給散布する遊離砥粒供給散布手段と、  
上記ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、上記遊離砥粒供給散布手段で供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、  
上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 12】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測手段と、  
上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、  
該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、  
上記面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 13】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測手段と、  
上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、  
該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、  
上記遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて研磨量を制御して \*  
研磨時間 = 目標研磨量 / 研磨率  
しかし、研磨率が研磨中に時事刻々と変動するため、所

\* 被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 14】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測する計測手段と、  
該計測手段で計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定手段と、  
該判定手段で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒または研磨パッドに埋め込まれた固定砥粒を介在させて押し付け、  
上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨または研削する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

【請求項 15】研磨パッドを載置する定盤と、  
上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、  
上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測する計測手段と、  
該計測手段で計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定手段と、  
該判定手段で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、  
上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置。

#### 【発明の詳細な説明】

#### 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、研磨パッド上にシリカ等の遊離砥粒を供給散布し、半導体基板等の被加工物の表面を平坦化研磨加工する CMP (Chemical Mechanical Polishing) や、研磨パッドにダイヤモンド等固定砥粒を埋め込み同様に平坦化研削加工を行う研磨または研削等の加工方法及びその装置並びに半導体基板の加工方法に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】従来、研磨パッド上にシリカ等の遊離砥粒を供給散布しウエハ等の絶縁膜の表面を平坦化研磨加工する CMP や、研磨パッドにダイヤモンド等固定砥粒を埋め込み同様に平坦化研削加工を行う研磨、研削加工方式 (以降、研磨と総称する) において、その単位時間当たりの研磨量 (研磨率) が種々の要因により変動していた。もし、研磨率が一定ならば、目的とする研磨量 (約  $2 \mu\text{m}$  程度) を加工するためには次に示す (数 1) 式により得られる研磨時間だけ加工すればよいことになる。

#### 【0003】

(数 1)

望する研磨量を得るためには時間管理だけでは十分で無

かった。そこで、時間管理ではなく、特開平 6-252113 号公報（従来技術 1）、および特開平 9-7985 号公報（従来技術 2）において知られた、研磨中に残膜厚の計測を直接的に行う技術が必要とされるようになってきている。

【0004】また、特開平 9-285955 号公報（従来技術 3）には、CMP 研磨加工プロセスにおいて使用中の研磨パッドの表面からの反射光量を測定し、該測定された反射光量に基いて研磨パッドの研磨能率を算出し、この算出される研磨能率の変化に応じて研磨パッドの研磨性能を評価してドレッシング処理の実行タイミングの決定や、被加工物の研磨量の算出等に利用することが記載されている。

#### 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの従来技術 1、2 においては、ウエハ面内での研磨率を均一にし、しかも面内平均研磨率の変動に対応できる点について考慮されていなかった。また、従来技術 3 には、研磨パッドの研磨能率を算出する点については考慮されているが、ウエハ面内で平坦化しようとする点については十分に考慮されていなかった。また、従来技術 1、2、3 においては、ウエハの面に引っ掻き傷等のスクラッチの発生を防止しようとする点についても考慮されていなかった。

【0006】本発明の目的は、上記課題を解決すべく、CMP 等の研磨加工において、研磨率を被加工面内で均一にできるようにして被加工物の平坦度加工精度を向上させるようにした加工方法およびその装置並びに半導体基板の加工方法を提供することにある。また、本発明の他の目的は、CMP 等の研磨加工において、半導体基板等の被加工物毎の平均研磨率の変動に応じた加工を施して複数の被加工物に対して均一で、且つ安定な加工をすることができるようにした加工方法およびその装置並びに半導体基板の加工方法を提供することにある。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドの平坦度を計測する平坦度計測工程と、該平坦度計測工程で計測された研磨パッドの平坦度に応じてドレッサーの運動を制御して上記研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨す

る加工工程とを有することを特徴とする CMP 等の加工方法である。また、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測工程と、該面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じてドレッサーによるドレッシング量を制御して上記研磨パッドをドレッシングするドレッシング工程と、該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする CMP 等の加工方法である。

【0008】また、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測工程と、該遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて遊離砥粒の供給量を制御して研磨パッドの表面に供給散布する遊離砥粒供給散布工程と、上記ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、上記遊離砥粒供給散布工程で供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする CMP 等の加工方法である。また、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測工程と、上記研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする CMP 等の加工方法である。

【0009】また、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測工程と、上記研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、該ドレッシング工程でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とする CMP 等の加工方法である。また、本発明は、定

盤上に載置された研磨パッドの弾性率または気泡率を計測し、この計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定工程と、該判定工程で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒または研磨パッドに埋め込まれた固定砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨または研削する加工工程とを有することを特徴とする加工方法である。

【0010】また、本発明は、定盤上に載置された研磨パッドをドレッサーによってドレッシングするドレッシング工程と、上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測し、この計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定工程と、該判定工程で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工工程とを有することを特徴とするCMP等の加工方法である。

【0011】また、本発明は、上記の加工方法を用いて半導体基板上に形成された絶縁膜を加工することを特徴とする半導体基板の加工方法である。また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドの平坦度を計測する平坦度計測手段と、該平坦度計測手段で計測された研磨パッドの平坦度に応じて運動を制御して研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段（ドレッサー装置）と、該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。また、本発明は、上記CMP等の加工装置における平坦度計測手段を、光学的に研磨パッドの表面の変位を測定するように構成したことを特徴とする。

【0012】また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測手段と、該面粗さ計測手段で計測された研磨パッドの面粗さに応じてドレッシング量を制御して研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。また、本発明は、上記C

MP等の加工装置における面粗さ計測手段を、研磨パッドの表面からの光の正反射率または／および拡散反射率を測定するように構成したことを特徴とする。また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測手段と、該遊離砥粒計測手段で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて遊離砥粒の供給量を制御して研磨パッドの表面に供給散布する遊離砥粒供給散布手段と、上記ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、上記遊離砥粒供給散布手段で供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。

【0013】また、本発明は、上記CMP等の加工装置における遊離砥粒計測手段を、上記研磨パッドに部分的に設けられた観測用窓を通して遊離砥粒から生じる散乱光を検出するように構成したことを特徴とする。また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドの面粗さを計測する面粗さ計測手段と、上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記面粗さ計測工程で計測された研磨パッドの面粗さに応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドの表面に供給散布される遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測する遊離砥粒計測手段と、上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、該ドレッサー手段でドレッシングされた研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせ、上記遊離砥粒計測工程で計測された被加工面内における遊離砥粒の分布または量に応じて研磨量を制御して被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。

【0014】また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測する計測手段と、該計測手段で計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基いて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定手段と、該判定手段で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに

10

20

30

40

50

対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒または研磨パッドに埋め込まれた固定砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨または研削する加工手段とを備えたことを特徴とする加工装置である。

【0015】また、本発明は、研磨パッドを載置する定盤と、上記研磨パッドをドレッシングするドレッサー手段と、上記研磨パッドの弾性率または気泡率を計測する計測手段と、該計測手段で計測された研磨パッドの弾性率または気泡率に基づいて上記研磨パッドが使用限界に到達しているか否かを判定する判定手段と、該判定手段で使用可能と判断されて定盤上に載置された研磨パッドに対して、被加工物の被加工面を、研磨パッドの表面に供給散布された遊離砥粒を介在させて押し付け、上記被加工物と上記研磨パッドとの間で相対的に擦らせる運動をさせて被加工物の被加工面を平坦に研磨する加工手段とを備えたことを特徴とするCMP等の加工装置である。また、本発明は、上記加工装置における計測手段を、研磨パッドの弾性率の場合エアマイクロセンサで構成し、研磨パッドの気泡率の場合誘電率を測定するように構成したことを特徴とする。

【0016】以上説明したように、前記構成によれば、CMP等の研磨加工において、被加工面内における研磨率の均一化、面内平均研磨率の安定化、及びスクラッチの低減の各々を実現することができる。研磨率の変動要因として、研磨パッドの平坦度、研磨パッド加工面の面粗さ、遊離砥粒の分布状態が挙げられる。また、スクラッチの発生要因として、研磨パッドの弾性率、気泡率が挙げられる。本発明の構成によれば、これらの研磨使用時間とともに時事刻々と変化する状態に適時対応させて、ダイヤモンド砥粒を埋め込んだドレッサーと呼ばれるもので研磨中にパッド表面のいわゆる目立てとCMP等の研磨加工との各々を制御することが可能となる。また、研磨パッドの弾性率または気泡率を計測することによって研磨パッドの使用限界に至る直前のときを抽出することができ、スクラッチの発生を未然に防止することができる。

#### 【0017】

【発明の実施の形態】本発明に係る研磨パッド上にシリカ等の遊離砥粒を散布し、ウエハ等の被加工物の表面を平坦化研磨加工するCMP (Chemical Mechanical Polishing) や、研磨パッド上にダイヤ等の固定砥粒を埋め込み、同様にウエハ等の被加工物の表面を研削加工する研磨または研削加工方法およびその装置の実施の形態について、図面を用いて説明する。近年、半導体チップを配列した半導体ウエハにおいては、多層の配線層を形成する必要が生じ、そのため配線層間を絶縁するSiO<sub>2</sub>、SiN等の層間絶縁膜の表面をCMPで平坦化し、その上に配線層を形成する必要が生じてきている。

そこで、本実施の形態は、ウエハ等の被加工物の表面に形成された例えば層間絶縁膜等の薄膜をCMPにより研磨し平坦化加工を行う場合について説明する。しかし、本実施の形態は、固定砥粒による研削にも同様に有効である。また、被加工物としては、レンズ等、最終加工面形状が平坦でないものにも有効である。

【0018】まず、本発明に係る研磨または研削加工方法およびその装置の実施の形態の構成を、図1、図2を用いて説明する。図1は、本発明に係る実施の形態の構成を示す概略図である。図2は本発明に係る実施の形態におけるCMPの装置の構成を示している。本発明に係る実施の形態は、発砲ポリウレタン等で形成された研磨パッド3を固定して公転するように構成された回転定盤4と、ウエハ等の被加工物2を把持するチャック1を研磨パッド3に対して押下するための垂直移動機構11、上記チャック1を研磨パッド3の半径方向に往復移動させる水平移動機構12、および上記チャック1を自転させる回転機構からなる研磨機構10と、研磨パッド3の研磨面をドレッシングするドレッサー6を押下するための垂直移動機構21、上記ドレッサー6を研磨パッド3の半径方向に往復移動させる水平移動機構22、および上記ドレッサー6を自転させる回転機構からなるドレッサー機構20と、シリカ等の遊離砥粒を溶媒に混ぜた状態で研磨パッド3上に散布するスラリー供給ノズルを有するスラリー供給機構30とから構成されている。ところで、例えば、CMPの研磨パッド3としては発砲ポリウレタンが用いられる。また、上記の実施の形態のCMP装置は、定盤および研磨パッドを回転させる回転式について説明したが、研磨パッドを定盤上を直線的に走行移動させる直線的移動方式であってもよい。

【0019】従って、ウエハ等の被加工物2の表面は、スラリー供給機構30によって研磨パッド3の上に供給されたスラリーの介在を基に、垂直移動機構11によって与えられる研磨圧で、しかもチャック1の自転と水平移動機構12による研磨パッド3の半径方向の揺動運動(往復運動)と回転円盤4の公転運動とによって平坦に研磨されることになる。即ち、研磨機構10において、被加工物2の表面は、常にドレッサー6でドレッシングされた研磨パッド3の表面状態に倣うように平坦に研磨されることになる。他方、ドレッサー機構20において、研磨と同時に、研磨パッド3の表面は、常にある程度の面粗さを確保するために、ダイヤモンド砥粒を埋め込んだドレッサー6と呼ばれるもので、いわゆる目立てが行われる。ドレッサー機構20においても、垂直移動機構20によりドレッシング圧力を付与し、回転機構によるドレッサー9の自転と水平移動機構22による研磨パッド3の半径方向へのドレッサー9の往復移動とによって研磨パッド3の半径方向に亘る目立てを行いながら、回転定盤4の公転によって研磨パッド3全体への目立てが行われる。いずれにしても、ドレッサー機構20において



制御できるのは、ドレッサー 6 の水平移動機構 22 による揺動範囲と回転機構による回転速度、垂直移動機構 22 による研磨パッドへの押下力だけである。

【0020】しかしながら、常にドレッサー 6 で研磨パッド 3 の表面をドレッシング（目立て）を行ったとしても、研磨パッドの平坦度、研磨パッド加工面の面粗さ、および遊離砥粒の分布について変動が生じ、上記研磨機構 10 による被加工物 2 の被加工面内における研磨率

（単位時間当たりの研磨量）が変動することになる。即ち、目立て後、研磨パッドの平坦度が変動して研磨パッド 3 の表面の平坦度が悪くなると、研磨率（単位時間当たりの研磨量）が被加工物の被加工面内において不均一となる。これは、研磨パッド 3 の表面形状の凹凸により遊離砥粒による研磨加工圧が凹なら小さく、凸なら大きくなってしまふためである。また、研磨機構 10 で被加工物 2 を研磨する際、被加工物 2 と研磨パッド 3 との間に一定の必要な量の砥粒が存在しなくては、安定した研磨率を確保することはできない。このように被加工物 2 の被加工面と研磨パッド 3 との間に介在する遊離砥粒のみが加工に寄与するが、研磨パッド 3 の表面の面粗さ等により研磨パッド上に散布した遊離砥粒が被加工物の被加工面と研磨パッド間に入り込む割合が変わってしまい研磨量も異なることになる。しかし、スラリー供給機構 30 においてスラリーの研磨パッド表面への供給散布流量を制御することにより、実際に研磨に寄与する遊離砥粒の量も制御することが可能となる。

【0021】また、研磨パッド 3 として発砲ポリウレタン等が用いられる場合、研磨中においてスラリー溶媒が発砲ポリウレタンの気泡部に含まれる等の要因により、研磨使用時間が長くなるに連れて研磨パッド 3 は弾性率が大きくなる。また、研磨使用時間が長くなるに連れて、発砲ポリウレタンの気泡部をスラリー溶媒や凝集砥粒によって埋め尽くしていくことになる。このように、研磨パッド 3 の弾性率が大きくなると研磨パッドによる遊離砥粒の支持剛性が大きくなりすぎ、この結果遊離砥粒による切り込み深さが深くなりすぎて被加工物 2 の表面にスクラッチ等が生じることになる。何れにしても、研磨パッドの使用時間が長くなるにつれて研磨パッド 3 の弾性率や気泡率が変動し、使用限界に到達すると被加工物 2 の表面にスクラッチ等を発生することになる。

【0022】そこで、本発明に係る実施の形態では、図 1 に示すように、ドレッサー機構 20 でドレッシングされた研磨パッド 3 の平坦度を計測するパッド平坦度測定手段 40 と、ドレッサー機構 20 でドレッシングされた研磨パッド 3 の面粗さを計測するパッド面粗さ計測手段 50 と、研磨パッド 3 の弾性率を計測するパッド弾性率計測手段 70 と、研磨パッド 3 の気泡率を計測するパッド気泡率計測手段 80 と、例えば研磨パッドおよび回転円盤 4 に設けられた観察窓 5 を通してスラリーの被加工物面内の分布を計測するスラリー被加工物面内分布計測手段

60 とを備えた。更に、本発明に係る実施の形態では、これらの計測手段 40、50、70、80、60 で計測された計測データに基いてドレッサー 15 を制御するドレッサー制御データやスラリーの供給を制御するスラリー制御データやチャック 1 を制御するチャック制御データを作成する計算手段（CPU）90 を設け、該計算手段 90 で作成されたドレッサー制御データを基にドレッサー制御装置 201 によりドレッサー機構 20 を制御し、上記計算手段 90 で作成されたスラリー制御データを基にスラリー制御装置 301 によりスラリー供給機構 30 を制御し、上記計算手段 90 で作成されたチャック制御データを基にチャック制御装置 101 により研磨機構 10 を制御するように構成した。なお、加工手段（装置）は研磨機構 10 とチャック制御装置 101 とによって構成され、ドレッサー手段（装置）はドレッサー機構 20 とドレッサー制御装置 201 とにより構成され、遊離砥粒供給散布手段はスラリー供給機構 30 とスラリー制御装置 301 とによって構成される。

【0023】次に、研磨パッド 3 の平坦度を計測するパッド平坦度計測手段 101 の実施例について図 3～図 6 を用いて詳細に説明する。図 3 は CMP 装置を横から見た図である。パッド平坦度計測手段 40 としては、特に研磨パッドの半径方向の平坦度が被加工物への研磨率に大きく関することから、研磨パッド 3 の半径方向の平坦度を計測できるように研磨パッドの半径方向にレーザ干渉計等で構成されたレーザ変位センサ 41 を例えば 7 台程度配置して構成した。また、パッド平坦度計測手段 40 としては、例えば 1 台の変位センサ 41 を研磨パッド半径方向に支持する部材上走行（走査）しても良い。変位センサ 41 の台数としては、研磨パッドの直径と必要とする平坦度分解能に応じて適宜設定すればよい。

【0024】図 4 は、レーザ変位センサ 41 により計測した結果を計算手段 90 に取り込みグラフ化した例である。即ち、レーザ変位センサ 41 によれば、ドレッサー機構 20 でドレッシングされた研磨パッド 3 の半径方向についての平坦度が計測でき、その結果半径方向距離の中心あたりにへこみ、平坦度が悪くなっていることを把握することができる。図 5 には、パッド平坦度計測手段 40 の他の実施例を示す。これは、レーザ光源 42 からスリット光を研磨パッド 3 の表面に対して斜め方向から照射し、研磨パッド 3 の平坦度に応じたスリット光の変位を CCD カメラ 43 により撮像し、これを計測して平坦度を計測する構成とした。図 6 は、CCD カメラ 43 によるスリット光計測結果を計算手段 90 に取り込み、研磨パッド平坦度に換算した結果である。この様に、図 3 に示す実施例と異なり、連続的な平坦度データを得ることが可能となる。

【0025】次に、計算手段 90 がパッド平坦度計測手段 40 から計測された研磨パッドの平坦度データに基づき制御データを作成し、この作成された制御データに基

10

20

30

40

50

づきドレッサー制御装置 201 がドレッサー機構 20 を制御する方法について図 1、図 4、および図 7～図 9 を用いて説明する。図 7 は図 3 を用いて説明したパッド平坦度計測手法 40 の 1 実施例であるレーザ変位センサ 41 を用いた場合を示した図である。ドレッサー 6 は水平移動機構 22 により研磨パッド 3 上を半径方向に自らが自転しながら移動する。研磨パッド 3 への押しつけ力は垂直移動機構 21 を用いて例えばロードセルによる力計測を行いながら制御する。例えば、図 4 に示すパッド平坦度が計測された場合、計算手段 90 は、図 8 に示すように水平移動機構 22 の移動速度を凸である研磨パッドの中心付近、および外周付近で遅くするデータを作成し、この作成したデータをドレッサー制御装置 201 に与えることによって水平移動機構 22 の移動速度を図 8 に示すように制御することにより研磨パッドの中心付近、および外周付近での目立て量を多くし研磨パッド 3 の平坦度を改善させることができ、その結果被加工物を研磨する平坦度の加工精度を例えば  $\pm 0.05 \mu\text{m}$  より著しく向上させることができる。また、計算手段 90 は、図 9 に示すようにドレッサーの回転速度を研磨パッドの中心付近、および外周付近で早くするデータを作成し、この作成したデータをドレッサー制御装置 201 に与えることによってドレッサー 6 の回転速度を図 9 に示すように制御することにより研磨パッドの中心付近、および外周付近での目立て量を多くし研磨パッド 3 の平坦度を改善させることができる。この他、ドレッサー制御装置 201 により垂直移動機構 21 を制御することにより押しつけ力を同様に研磨パッド中心付近、および外周付近で強くすることでも同様の効果を得ることが可能である。これらの手法は、それぞれ単独でも有効であり、

【0026】次に、研磨パッド 3 の面粗さを計測するパッド面粗さ計測手段 50 の実施例について図 10～図 12 を用いて詳細に説明する。図 10 に示すパッド面粗さ計測手段 50 は、レーザ等の光源 51 から出射された光\*

照射光量＝正反射光量＋拡散反射光量＋吸収光量

(数 2)

何れにしても、研磨パッド 3 の表面粗さの変化に応じて正反射率、拡散反射率が変化するので、受光器 54 で検出される拡散光のみ、或いは受光器 53 で検出される正反射光のみでも、研磨パッドの面粗さを計測することは可能である。また、上記正反射光検出光学系において、正反射光を検出する受光器 53 の複数の各々を光路長を変えた夫々の位置に設置し、各々の受光器 53 によって研磨パッドの凹凸に合った（結像された）画像を検出し、各々の受光器 53 から検出され研磨パッドの凹凸に合った複数の合焦点画像を補間することによって研磨パッドの面粗さに応じた画像信号を検出することもできる。ところで、研磨パッド 3 上に存在するスラリーによる反射ノイズを除去するために、エアをノズル 57 により研磨パッドに吹き付け、パッド面粗さ計測手段 50 に

\*を研磨パッド 3 に照射し、研磨パッド 3 からの正反射光（0 次回折光）を集光レンズ 57 で集光させてハーフミラー 52 により反射してフォトマル等の受光器 53 で検出し、研磨パッド 3 からの拡散光（1 次以上の回折光）を楕円ミラー 55 で集光してハーフミラー 56 で反射して受光器 54 で検出し、例えば受光器 53 で検出される正反射光の強度と受光器 54 で検出される散乱光の強度との比率で研磨パッドの面粗さを計測する構成である。なお、研磨パッド 3 に照射する光の光束を研磨パッドの標準の面粗さに応じて最適化する必要がある。例えば、研磨パッド 3 の表面粗さが大きくなると、正反射率は小さくなり、拡散反射率は大きくなり、逆に研磨パッド 3 の表面粗さが小さくなると、正反射率は大きくなり、拡散反射率は小さくなる関係を有することから、受光器 53 で検出される正反射光の強度と受光器 54 で検出される散乱光の強度との比率を例えば計算手段 90 において取ることによって研磨パッドの面粗さを計測することができることになる。このように、研磨パッド 3 の面粗さと、反射率の関係を予め求めて計算手段 90 に入力しておくことにより、計算手段 90 によってより精度の高い面粗さ計測が可能となる。双方を組み合わせるメリットは、研磨パッド 3 による光の吸収率が変動する場合に有効である。これは、照射した光量と反射、吸収光量が、次に示す（数 2）式の関係であり、正反射、拡散反射光それぞれ単独では、吸収光量の変動と切り分けて解析することが不可能となるからである。つまり、研磨パッドが使用状況により時々刻々と変化する場合、正反射、拡散反射一方の計測のみではそれぞれの反射率の変動を的確に計測することが不可能となる。そこで、正反射光量と拡散反射光量の双方を計測し、その比率を求めることとした。これは、予め拡散反射光量／正反射光量の比率と面粗さとの関係を求めておくことにより、面粗さに起因した反射率の違いのみを抽出する事ができる。

【0027】

よる測定範囲からスラリーを除去することも有効である。本ノズル 57 は必須では無いが、使用する場合にはチャック 1 との距離を十分取り、スクラッチの要因とならないように配慮した方がよい。

【0028】以上説明したように、パッド面粗さ計測手段 50 によって、光学的に図 11 に示すような研磨パッド 3 の面粗さを計測することができる。研磨パッド 3 の面粗さは、研磨時間が長くなるに従って面粗さが取れて大きくなって行くことになる。

【0029】次に、計算手段 90 がパッド面粗さ計測手段 50 から計測された研磨パッドの面粗さデータに基づき制御データを作成し、この作成された制御データに基づきドレッサー制御装置 201 がドレッサー機構 20 を、または／およびチャック制御装置 101 が研磨装置

10を制御する方法について図1、図11、および図12を用いて説明する。即ち、計算手段90は、パッド面粗さ計測手段50の例えば受光器53で検出される正反射光の強度と受光器54で検出される散乱光の強度との比率を取ることによって図11に示すように研磨パッドの面粗さを計測し、この計測された面粗さデータに基づき図12に示すドレッサー回転速度データを算出し、この算出されたドレッサー回転速度データをドレッサー制御装置201に送信する。ドレッサー制御装置201は、このドレッサー回転速度データに基いてドレッサー6の回転速度を制御することによって、所望の面粗さを得ることができ、その結果研磨パッド上に散布した遊離砥粒が被加工物の被加工面と研磨パッド間に入り込む割合をほぼ一定にして被加工物の研磨量もほぼ一定にすることができ、研磨の加工精度を向上することができる。即ち、計測された研磨パッド3の面粗さが小さくなるとドレッサーの回転速度を早く制御して目立て量を大きくする。この他、面粗さが小さくなるとドレッサーの押下力を大きくすることも容易に実現できる。また、これらを組み合わせて目立て量を制御することも有効である。

【0030】また、計算手段90は、パッド面粗さ計測手段50の例えば受光器53で検出される正反射光の強度と受光器54で検出される散乱光の強度との比率を取ることによって図11に示すように研磨パッドの面粗さを計測し、この計測された面粗さデータに基づき研磨機構10における研磨時間に関するデータを作成してチャック制御装置101に送信する。チャック制御装置101は、この研磨時間に関するデータに基いて研磨機構10による研磨時間を制御することによって、研磨パッドの面粗さの多少の変動に対して被加工物に対して同じで、且つ安定した研磨量を得ることが可能となる。また、計測される研磨パッドの面粗さの変動に応じて研磨圧を制御することによって、最適な研磨を実現することもできる。また、計測される研磨パッドの面粗さの変動に応じてスラリーの供給量を制御することによって遊離砥粒が被加工物の被加工面と研磨パッド間に入り込む割合をほぼ一定にして被加工物の研磨量もほぼ一定にすることも可能となる。

【0031】次に、スラリーの被加工物面内の分布を計測するスラリー被加工物面内分布計測手段60の実施例について図13を用いて詳細に説明する。スラリー被加工物面内分布計測手段60は、研磨面と反対側に散乱光計測の光学系を設けたものである。研磨パッド3に部分的に観測用窓5を設け、図中下方向にレーザ等の光源61、空間フィルタ64、レンズ63、偏光ビームスプリッタ62、検出器65、λ/4板66からなる散乱光計測光学系を設けた。レーザ等の光源61より出射したS偏光ビームをビームスプリッタ62により反射させ、λ/4板66で円偏光ビームに変換して観測用窓5を通過してウエハ等の被加工物2の被加工面に照射される。照射

された円偏光ビームは、被加工物2の被加工面と研磨パッド3の間に存在する遊離砥粒により散乱されるため、その散乱光のみを空間フィルタ64により選択し検出器65により受光する。なお、円偏光で戻ってくる光はλ/4板66でP偏光に変換されて偏光ビームスプリッタ62を通してレンズ63によって集光され、空間フィルタ64で遮光されない遊離砥粒からの散乱光のみが検出器65によって検出されることになる。また、空間フィルタ64は、被加工物2の内面の回路パターンから生じる散乱光を遮光するものであり、被加工物2の内面と共役関係の位置に置かれている。また、観測用窓5からの正反射光を遮光する空間フィルタ（図示せず）を設置する。そこで、検出器65によって受光される散乱光強度、あるいはその面内分布を計測することにより、被加工物2の被加工面と研磨パッド3の間に存在する研磨に寄与する遊離砥粒の量で示されるスラリーの被加工物面内の分布やその量を計測することが可能となる。

【0032】次に、計算手段90がスラリー被加工物面内分布計測手段60から計測されたスラリーの被加工物面内の分布データ（平均的分布または量データ）に基づき制御データを作成し、この作成された制御データに基づきスラリー制御装置301がスラリー供給機構30を、または/およびチャック制御装置101が研磨装置10を制御する方法について図1、および図14を用いて説明する。即ち、計算手段90は、被加工物面内分布計測手段60から計測されたスラリーの被加工物面内の分布データに基づきスラリー供給データを算出し、この算出されたスラリー供給データをスラリー制御装置301に送信する。スラリー制御装置301はこのスラリー供給データに基いてスラリー供給機構30を制御することにより最適のスラリー供給量でもって研磨パッド3上に散布する。即ち、計測された結果遊離砥粒が不足気味ならば、スラリー供給機構30によるスラリー供給量を増やし、過多気味になれば、スラリー供給機構30によるスラリー供給量を減少させるように制御すれば良い。過多気味の場合、スラリー供給量を減少させるだけでよいのは回転定盤4が公転しているため、スラリーは遠心力により常時排出されているためである。また、計測されたスラリーの被加工物面内の分布データに基いて研磨機構10による研磨時間を制御してもよい。それは、計測されたスラリーの被加工物面内の分布データと研磨率との間には、相関関係を有するからである。

【0033】次に、研磨パッド3の弾性率を計測するパッド弾性率計測手段70の実施例について図15を用いて詳細に説明する。このパッド弾性率計測手段70は、例えば、エアマイクロセンサ71、72を研磨パッド3の研磨面上に配置して構成される。エアマイクロセンサ71、72は、圧力Pの圧縮空気を研磨パッド3上に吹き付けると研磨パッド3との間隙であるギャップ量dに応じて変動する圧力変動ΔPd、即ちギャップ量dを計

測するものである。例えば、2個のエアマイクロセンサ 71、72の供給圧縮空気圧 P1、P2（但し、P2 > P1とする。）を変えて用いた場合、それぞれの供給圧縮空気圧 P1、P2によって生じたギャップ量 d1、d2に応じた圧力変動  $\Delta P d 1$ 、 $\Delta P d 2$ として計測される。2個のエアマイクロセンサ 71、72からは、供給圧縮空気圧 P1、P2が計測されると共に、同時に研磨パッド3表面では圧縮空気 P1、P2を反射するための反力が生じ、該反力に応じてひずみが生じてそれぞれギャップ量 d1、d2が生じ、これらのギャップ量 d1、\*10

$$\text{弾性率} = (P2 - P1) / (d2 - d1)$$

\* d2に応じた圧力変動  $\Delta P d 1$ 、 $\Delta P d 2$ 、即ちギャップ量 d1、d2が計測されることになる。これより、計算手段90は、2個のエアマイクロセンサ 71、および 72で計測される P2、d2、および P1、d1に基づいて研磨パッド3の弾性率を次に示す（数3）式により求めることが可能となる。当然、研磨パッドの弾性率を計算手段90で算出する必要はなく、パッド弾性率計測手段70内のCPU等で算出することも可能である。

【0034】

(数3)

研磨パッド3とエアマイクロセンサの圧縮空気を吹き付けない状態でのギャップを、正確に常に一定に保つことができる場合、或いは変位センサ等の手段によりギャップを計測する場合には、エアマイクロセンサは1台で良い。これは、圧縮空気を送る前の初期ギャップ量 d0が※

$$\text{弾性率} = P / (d - d0)$$

※明確ならば、圧縮空気を吹き付けた際のエアマイクロセンサによる圧力計測値 P、ギャップ d を用いて、次に示す（数4）式により研磨パッド3の弾性率を算出可能であるためである。

【0035】

(数4)

次に、計算手段90がパッド弾性率計測手段70から計測された研磨パッド3の弾性率に基いてある使用限界のパッド弾性率に達したところで、アラーム等の情報を作業者等に出力する方法について図1、および図16を用いて説明する。即ち、計算手段90は、パッド弾性率計測手段70から計測された研磨パッド3の弾性率から図16に示すように、ある使用限界のパッド弾性率に達したところで、アラーム等の情報を表示装置等の出力手段901に表示するなど出力する。すると、作業者などはこのアラーム等の情報の出力に基いて使用限界の研磨パッド3を新しい研磨パッドと交換することによって、被加工物2に対してスクラッチ等を発生させることなく、研磨を続けることができる。また、計算手段90は、アラーム等の情報を研磨パッドを交換する交換機構（例えばロボット機構）に指令を出すことによって、交換機構により研磨パッドを自動交換することも可能である。なお、図16に示すように、研磨中においてスラリー溶媒★

$$\epsilon = (1 - \alpha) \times \epsilon 0 + \alpha \times \epsilon 1$$

(数5)

従って、計算手段90は、パッド気泡率計測手段80を構成する静電容量センサ81で計測される研磨パッド3の誘電率  $\epsilon$  から次に示す（数6）式から研磨パッド3の気泡率  $\alpha$  を算出することができる。なお、ポリウレタンの誘電率  $\epsilon 0$ 、および空気の誘電率  $\epsilon 1$  は既知の値であるので、予め入力手段902等を用いて入力して記憶装☆

$$\alpha = (\epsilon - \epsilon 0) / (\epsilon 1 - \epsilon 0)$$

(数6)

次に、計算手段90がパッド気泡率計測手段80から計測された研磨パッド3の気泡率に基いてある使用限界のパッド気泡率に達したところで、アラーム等の情報を作業者等に出力する方法について図1、および図18を用いて説明する。例えば、図17に示す静電容量センサ81によって計測された誘電率  $\epsilon$  に基いて算出された研磨パッドの気泡率が時間とともに劣化した場合、使用限界値を下回った所で、計算手段90が研磨パッド交換のた

★が発砲ポリウレタン等の研磨パッドの気泡部に含まれる等の要因によって、研磨パッド3の弾性率は、研磨使用時間と共に上昇することになる。

【0036】次に、研磨パッド3の気泡率を計測するパッド気泡率計測手段80の実施例について図17を用いて詳細に説明する。このパッド気泡率計測手段80は、研磨パッドの誘電率を計測する静電容量センサ81を研磨パッド3の上方に設けることによって構成する。特に、パッド気泡率計測手段80を上方に規定するものではなく下側に設けて良い。下側に設ける場合、回転定盤4があるため、回転定盤4内に埋め込む必要が生じる。研磨パッド3が発砲ポリウレタン等で構成される場合、静電容量センサ81で計測される誘電率  $\epsilon$  は、次に示す（数5）式の関係を有する。 $\epsilon 0$  はポリウレタンの誘電率、 $\epsilon 1$  は空気の誘電率で既知の値である。 $\alpha$  は算出しようとする研磨パッドの気泡率である。

☆置（図示せず）に記憶しておけばよい。当然、研磨パッドの気泡率を計算手段90で算出する必要はなく、パッド気泡率計測手段80内のCPU等で算出することも可能である。

【0037】

めのアラーム情報を表示装置等の出力手段901に出力することによって作業者に知らせることができる。そこで、作業者がアラーム情報を受け取ることによって、研磨パッドを新しい研磨パッドと交換することによって、被加工物2に対してスクラッチ等を発生させることなく研磨をすることができる。なお、本計測結果を用いて研磨パッドを自動で交換することも明らかに可能である。以上説明した如く、パッド弾性率計測手段70を用いて

研磨パッド3の弾性率を計測するのも、パッド気泡率計測手段80を用いて研磨パッド3の気泡率を計測するのも、被加工物へのスクラッチを未然に防ぐために、研磨パッドの使用限界に至る直線を見付けだすためであり、何れの手法を用いても良いことは明らかである。何れにしても、研磨パッド3の気泡部に凝集して巨大化したスラリー（遊離砥粒）を逃がすことで、スクラッチの発生を防止することができる。しかし、研磨パッド3の使用時間が長くなるに連れて、スラリー溶媒および凝集砥粒が気泡部に埋め尽くされていき、スクラッチを発生することになる。そこで、研磨パッド3の弾性率や研磨パッド3の気泡率を計測することによって、スラリー溶媒および凝集砥粒が気泡部に埋め尽くされていく研磨パッドの使用限界の直前を計算手段90が抽出することができることになる。

【0038】以上説明した実施例では、各計測手法において非接触計測の実施例について説明したが、これは、研磨パッド表面に接触して計測した場合、研磨パッド表面に傷を生じさせスクラッチの要因となることを避けるためである。但し、計測プローブの接触圧力が十分小さければ、接触式の計測手法でも良い。また、固定砥粒を埋め込んだ研磨パッドを用いる場合、通常上記の実施の形態で説明したドレッサー20およびスラリー供給機構30は不要となる。そのため、研磨パッドの弾性率および気泡率計測は、値固定砥粒を埋め込んだ研磨パッドを用いる場合にも有効である。

#### 【0039】

【発明の効果】本発明によれば、CMP等の研磨加工において、研磨パッドの平坦度を計測し、この計測された研磨パッドの平坦度に応じてドレッサーによるドレッシングを制御するようにしたので、研磨率を被加工面内で均一にすることができ、その結果被加工物の平坦度加工精度を向上させることができる効果を奏する。また、本発明によれば、CMP等の研磨加工において、研磨パッドの面粗さや遊離砥粒についての被加工物の被加工面内における分布または量を計測し、この計測された研磨パッドの面粗さや遊離砥粒の被加工面内における分布または量に応じてドレッサーによるドレッシングや遊離砥粒の供給量や研磨条件等を制御するようにしたので、半導体基板等の被加工物毎の平均研磨率の変動に応じた加工を施すことができ、その結果複数の被加工物に対して均一で、且つ安定な加工をすることができる効果を奏する。

【0040】また、本発明によれば、CMP等の研磨加工において、研磨パッドの弾性率や気泡率を計測して使用限界に到達したか否かを判定するようにしたので、半導体基板等の被加工物の被加工面にスクラッチを発生させることなく研磨加工をすることができ、歩留まりを大幅に向上させることができる効果を奏する。また、本発明によれば、半導体基板に対して高精度なCMP等の研

磨加工を施すことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係るCMP装置の一実施の形態を示す構成図である。

【図2】本発明に係るCMP装置の機構部の一実施の形態を示す斜視図である。

【図3】本発明に係るパッド平坦度計測手段の一実施例を示す正面図である。

【図4】図3に示すパッド平坦度計測手段によって計測される計測データの説明図である。

【図5】本発明に係るパッド平坦度計測手段の他の実施例を示す斜視図である。

【図6】図5に示すパッド平坦度計測手段によって計測される計測データの説明図である。

【図7】パッド平坦度計測手段を備えたCMP装置の機構部を示す斜視図である。

【図8】計測された研磨パッドの平坦度に応じてドレッサーの移動速度を制御する実施例を説明するための図である。

【図9】計測された研磨パッドの平坦度に応じてドレッサーの回転速度を制御する実施例を説明するための図である。

【図10】本発明に係るパッド面粗さ計測手段の一実施例を示す概略構成図である。

【図11】図10に示すパッド面粗さ計測手段によって計測される計測データの説明図である。

【図12】計測された研磨パッドの面粗さに応じてドレッサーの回転速度を制御する実施例を説明するための図である。

【図13】本発明に係るスラリー被加工面分布計測手段の一実施例を示す概略構成図である。

【図14】スラリー被加工面内分布計測手段を備えたCMP装置の機構部を示す斜視図である。

【図15】本発明に係るパッド弾性率計測手段の一実施例を示す概略構成図である。

【図16】計測された研磨パッドの弾性率データを運用する方法を説明するための図である。

【図17】本発明に係る研磨パッド気泡率計測手段の一実施例を示す概略構成図である。

【図18】計測された研磨パッドの気泡率データを運用する方法を説明するための図である。

#### 【符号の説明】

1…チャック、2…被加工物（ウエハ）、3…研磨パッド、4…回転定盤、5…観測用窓、6…ドレッサー、10…研磨機構、11…垂直移動機構、12…水平移動機構、20…ドレッサー機構、21…垂直移動機構、22…水平移動機構、30…スラリー供給機構、40…パッド平坦度計測手段、41…レーザ変位センサ、42…レーザ光源、43…CCDカメラ、50…パッド面粗さ計測手段、51…光源、52…ハーフミラー、53…受光

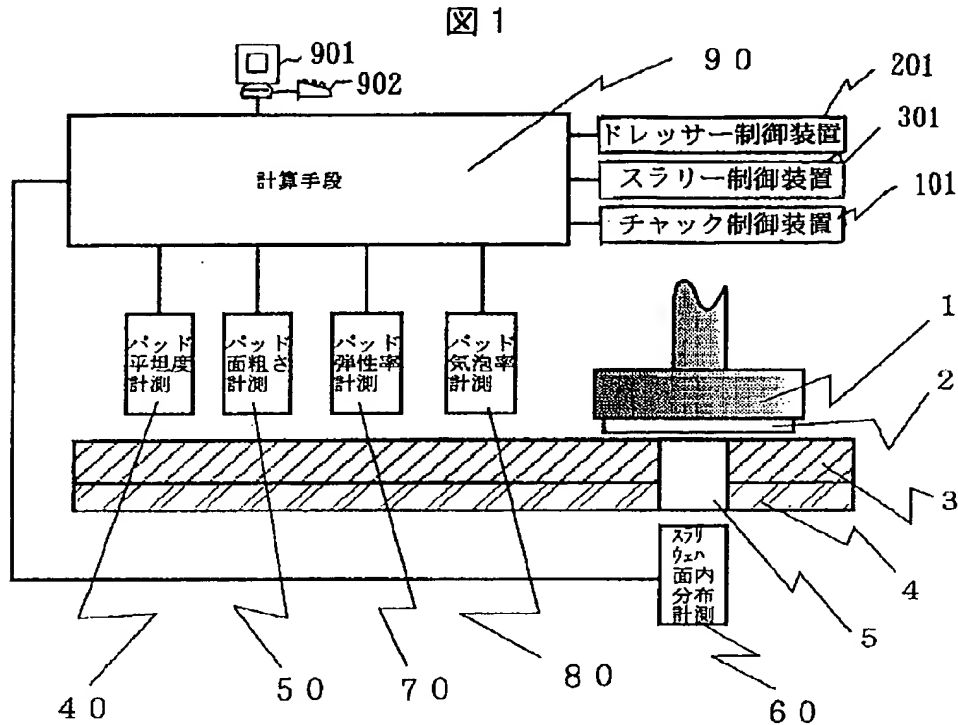
21

器、54…受光器、55…楕円ミラー、56…ハーフミラー、57…集光レンズ、58…ノズル、60…スラリー被加工面内分布計測手段、61…光源、62…偏光ビームスプリッタ、63…レンズ、64…空間フィルタ、65…検出器、66… $\lambda/4$ 板、70…パッド弾性率計\*

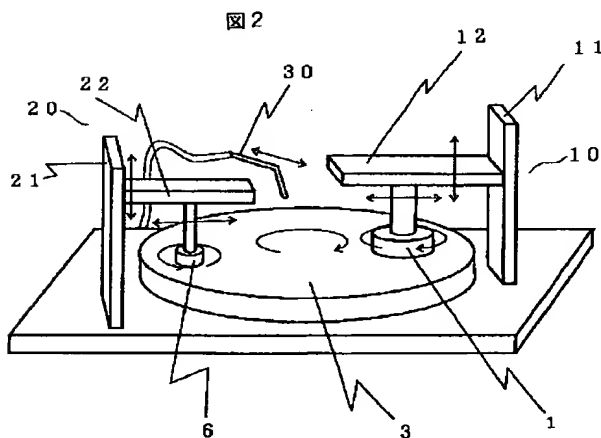
22

\* 測手段、71、72…エアマイクロセンサ、80…パッド気泡率計測手段、81…静電容量センサ、90…計算手段(CPU)、101…チャック制御装置、201…ドレッサー制御装置、301…スラリー制御装置、901…出力手段、902…入力手段。

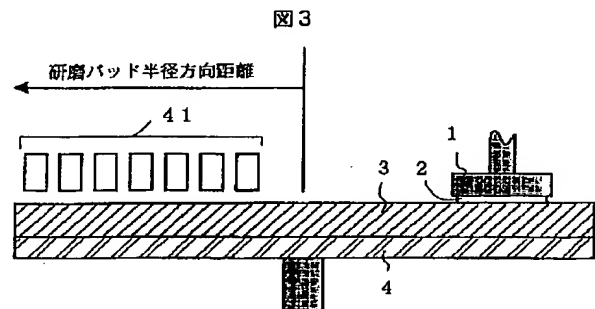
【図1】



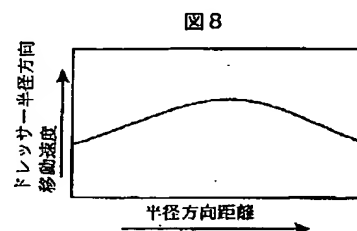
【図2】



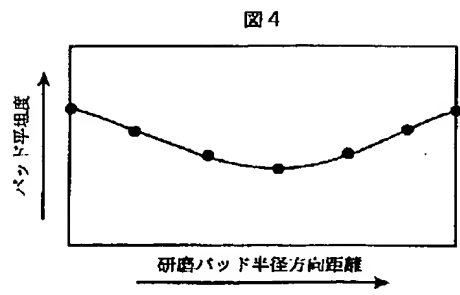
【図3】



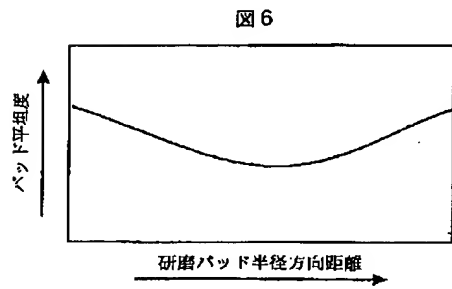
【図8】



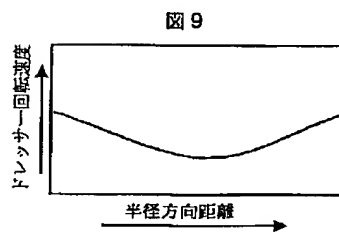
【図 4】



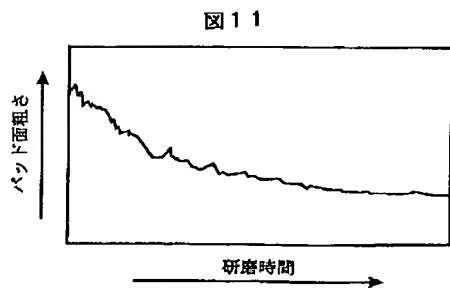
【図 6】



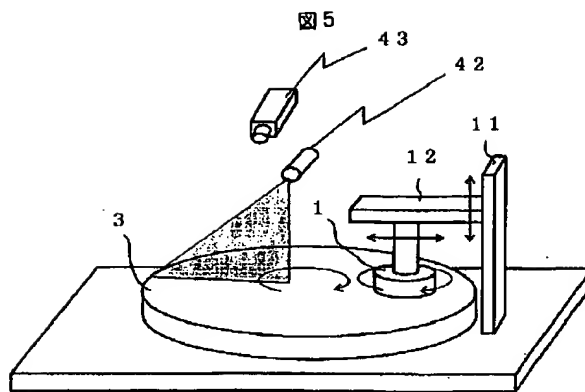
【図 9】



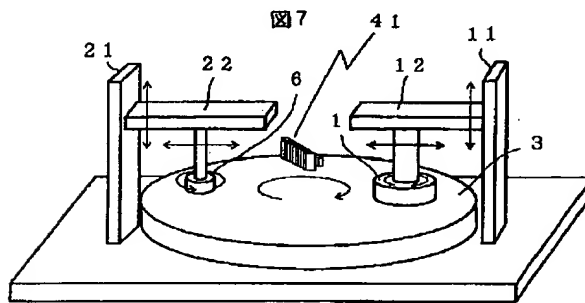
【図 11】



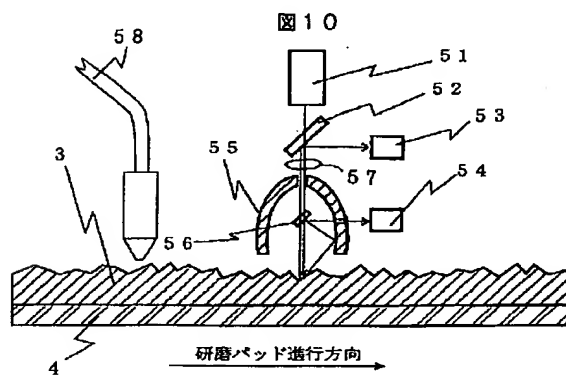
【図 5】



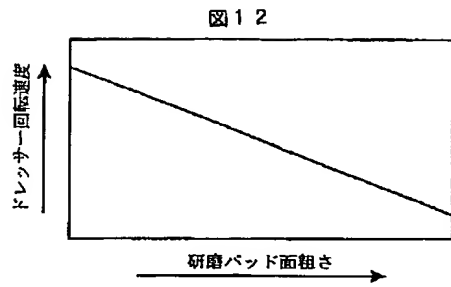
【図 7】



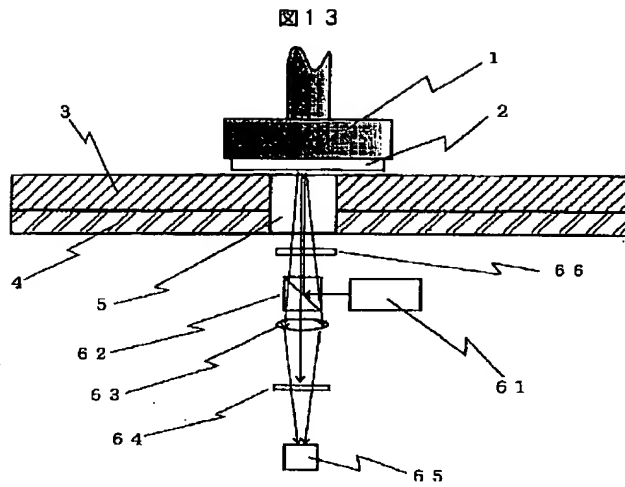
【図 10】



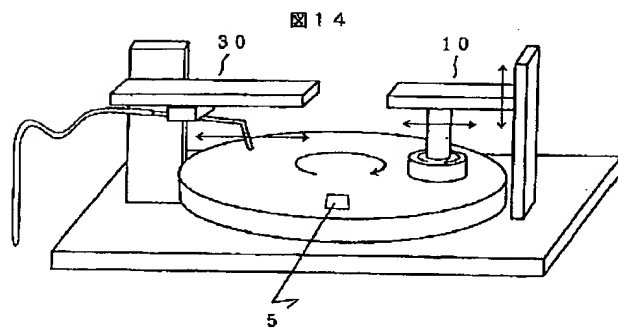
【図12】



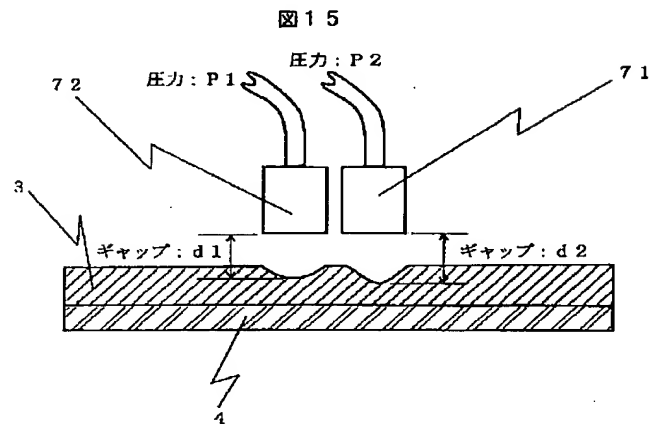
【図13】



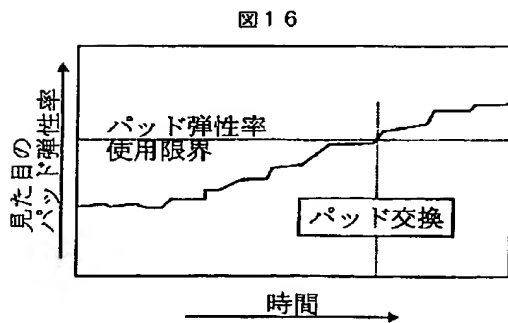
【図14】



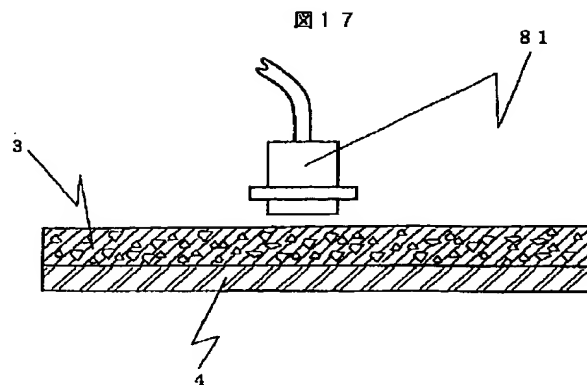
【図15】



【図16】



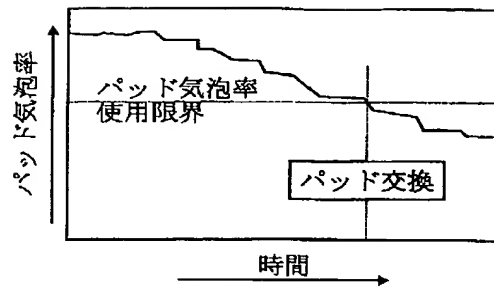
【図17】





【図 18】

図 18



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 秀己  
 神奈川県横浜市戸塚区吉田町292番地 株  
 式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 盛山 一郎  
 東京都青梅市新町六丁目16番地の3 株式  
 会社日立製作所デバイス開発センタ内  
 Fターム(参考) 3C058 AA07 AC04 BA02 BA07 BA09  
 BB02 BB06 BB08 BB09 CA01  
 CB01 CB03 DA02